



Analisis Prediksi dan Hubungan antara Debit Air dan Curah Hujan pada Sungai Ciliwung di Kota Bogor

Prediction and Correlation Analysis between Water Discharge and Rainfall in Ciliwung River, Bogor City

Alfred Jansen Sutrisno^a, Kaswanto^b, Hadi Susilo Arifin^b

^a Program Studi Arsitektur Lanskap, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

^b Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

Article Info:

Received: 07 - 07 - 2017

Accepted: 11 - 10 - 2019

Keywords:

Rainfall, regression analysis, water discharge, water level

Corresponding Author:

Alfred Jansen Sutrisno
Program Studi Arsitektur
Lanskap, Sekolah Pascasarjana,
Institut Pertanian Bogor;
Tel. +62-812-47333930
Email:
alfredjsmanurung@gmail.com

Abstract: *Water demand should be balanced with water availability. The population of Bogor City was increased every year, so that water demand become increased. Currently, Government of Bogor City only utilizes the Cisadane river as a source for drinking water, even though Bogor City has 2 rivers there are Cisadane river and Ciliwung river. Therefore, Ciliwung river can be solution for this problem. Water discharge and rainfall influence water availability. Distribution log pearson type 3 used to predict the water discharge and rainfall and linier regression analyzed the relationship between water discharge as dependent variable with rainfall as X_1 and water level as X_2 as independent variable. The result of distribution log pearson type 3 every return period 2, 5, 10, 25, and 50 years is water discharge and rainfall were increased. Average increase of water discharge every return period is $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ and average increase of rainfall every return period is 89.25 mm. Partially, water discharge influenced by water level and rainfall 97.7%. Water level and rainfall cannot be ignored because $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ with regression model $\hat{Y} = -3.01 + 0.002 X_1 + 0.202 X_2$.*

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Sutrisno AJ, Kaswanto, Arifin HS. 2019. Analisis Prediksi dan Hubungan antara Debit Air dan Curah Hujan pada Sungai Ciliwung di Kota Bogor. JPSL 10(1): 25-33. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.1.25-33>.

PENDAHULUAN

PDAM Tirta Pakuan merupakan perusahaan daerah yang bertanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat Kota Bogor. Berdasarkan laporan produksi dan pencatatan pelanggan tahun 2011, PDAM Tirta Pakuan telah melayani 103.841 pelanggan atau sekitar 56.18% penduduk Kota Bogor (PDAM Tirta Pakuan, 2011). Sementara, target yang harus dicapai berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bogor tahun 2011-2031 ialah 87.71% (Bappeda, 2011) dan Target MDG's kesehatan adalah 67% penduduk Indonesia dengan proporsi 80% penduduk daerah perkotaan harus memiliki akses terhadap sumber air minum bersih (Bappenas, 2013).

Hal yang menjadi penyebab rendahnya cakupan pelayanan PDAM Tirta Pakuan pada tahun 2011 ialah penurunan debit mata air Tangkil dari 170 liter/detik menjadi 124 liter/detik, debit mata air Bantarkambang dari 170 liter/detik menjadi 150 liter/detik, dan debit mata air Kotabatu dari 61 liter/detik menjadi 48 liter/detik. Selain penurunan produksi penambahan jumlah penduduk dapat menjadi masalah dalam pemenuhan target pelayanan PDAM Tirta Pakuan (PDAM Tirta Pakuan, 2011). Pada tahun 2014, penduduk Kota Bogor berjumlah 1.030.720 orang, jika dibandingkan dengan tahun 2013 jumlah penduduk Kota Bogor pada tahun

2014 bertambah sebanyak 17.701 orang atau meningkat sebanyak 1.75% (BPS, 2015). Penurunan produksi dan Peningkatan jumlah penduduk Kota Bogor mengakibatkan PDAM Tirta Pakuan belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat Kota Bogor.

Penurunan produksi air tidak hanya terjadi di Kota Bogor. Namun juga, terjadi pada daerah lain seperti Kab. Kudus dan Kota Magelang. Kab. Kudus mengalami penurunan produksi air sebesar 11204 juta liter dan Kota Magelang sebesar 462 juta liter (Muliranti dan Hadi, 2013). Berdasarkan kondisi tersebut sangat penting untuk mendapatkan sumber air alternatif. Kota Bogor memiliki Sungai Ciliwung yang melintas tepat di tengah – tengah kota. Namun, Sungai Ciliwung belum dimanfaatkan dengan baik. Sungai Ciliwung dahulunya dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi, namun perubahan penggunaan lahan yang begitu cepat membuat lahan pertanian berkurang dan Sungai Ciliwung menjadi jarang dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi. Hal ini dapat menjadi peluang untuk mempertimbangkan Sungai Ciliwung menjadi sumber air alternatif bagi PDAM Tirta Pakuan.

Debit air dan curah hujan merupakan faktor penting yang mempengaruhi produksi air pada suatu sumber air. Sehingga, pentingnya melakukan prediksi debit air pada sumber air untuk jangka waktu panjang (Herrera *et al.*, 2010) dan prediksi curah hujan yang menjadi faktor penting dalam mempengaruhi debit air pada sumber air permukaan. Penelitian yang dilakukan pada Sub DAS Lowokwaru menghasilkan terjadinya peningkatan rata – rata curah hujan sebesar 80.45 mm/hari yang kemudian hasil penelitian ini dimanfaatkan untuk memenuhi ketersediaan air bagi masyarakat Kota Malang (Rachmawati, 2010). Komponen input dalam suatu DAS ialah curah hujan dan komponen outputnya ialah debit air, limpasan, erosi, dan sebagainya (Paimin *et al.*, 2006). Kondisi iklim seperti curah hujan sangat mempengaruhi fluktuasi debit air dibandingkan dengan pengaruh tutupan lahan pada suatu DAS (Murdiyarso dan Kurninto, 2007). Nilai R^2 pada Sungai Mamasa sebesar 0,65 membuktikan bahwa terdapat hubungan antara debit air dan curah hujan (Muchtar A. dan Abdullah N., 2007).

Tulisan ini bertujuan untuk mendapatkan frekuensi debit air Sungai Ciliwung dan curah hujan Kota Bogor untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun dengan menggunakan distribusi log pearson tipe 3 dan mendapatkan hubungan antara debit air sebagai variabel tidak bebas terhadap curah hujan dan tinggi muka air sebagai variabel bebas. Diharapkan nantinya tulisan ini bisa menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan pemanfaatan Sungai Ciliwung sebagai sumber air alternatif.

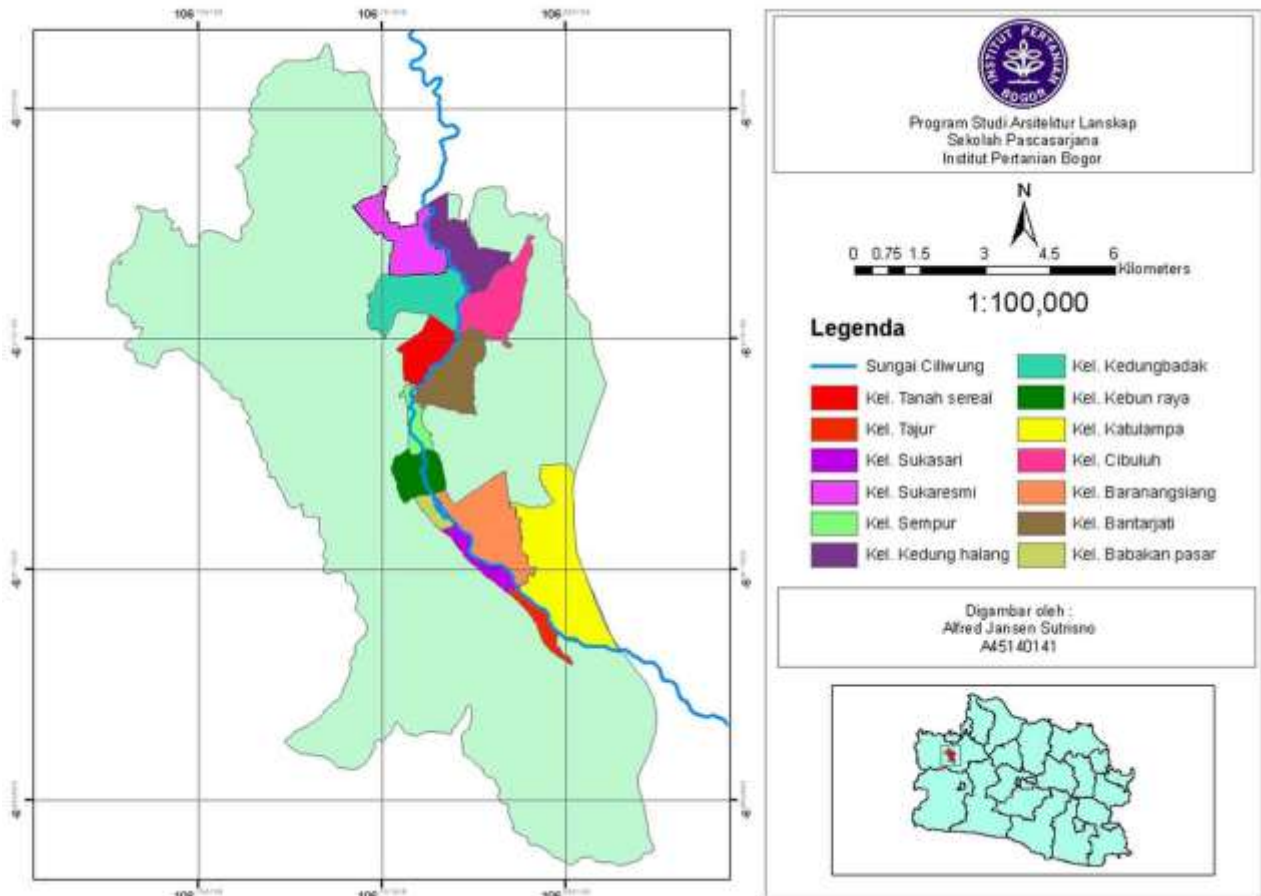
METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung meliputi 347 km² dengan panjang sungai 117 km (BPLHD DKI Jakarta, 2014; Sutrisno *et al.*, 2018). Penelitian ini dilakukan pada segmen Kota Bogor dengan panjang sungai 14.5 km dengan waktu pelaksanaan dari Juni 2017 sampai Desember 2017. Segmen tersebut melintasi 13 kelurahan. Kota Bogor terletak di antara 106°43'30"BT - 106°51'00"BT dan 30°30"LS – 6°41'00"LS dengan ketinggian minimal 190 MDPL dan maksimal 350 MDPL (Gambar 1).

Metode Pengumpulan Data

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini ialah data curah hujan, debit air, dan tinggi muka air pada tahun 1994 – 2013. Data curah hujan, debit air, dan tinggi muka air berasal dari laporan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung – Cisadane tahun 2013. Berdasarkan laporan tersebut bahwa terdapat empat pencatat hujan otomatis yaitu pos hujan Empang, pos hujan Katulampa, pos hujan Atang Sanjaya, dan stasiun klimatologi Dramaga. Pengukuran debit air dan tinggi muka air Sungai Ciliwung dilakukan di stasiun Katulampa. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan Microsoft Excel, ArcGIS 10.4, SPSS 16 dan Microsoft Word untuk melakukan pengolahan data.



Gambar 1 Lokasi Penelitian di Kota Bogor.

Metode Analisis Data

Analisis Frekuensi

Data curah hujan dan debit air akan dianalisis menggunakan distribusi log pearson tipe 3. Analisis ini merupakan analisis frekuensi untuk mendapatkan curah hujan dan debit air pada periode ulang yang ditentukan yaitu 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun (Jun *et al.*, 2015).

$$\log Q_T = \log \bar{X} + G S_1$$

dimana:

Q_T = Curah hujan dan debit air dengan periode ulang T tahun

$\log \bar{X}$ = rata – rata

G = koefisien yang digunakan tergantung pada nilai kemencengan (C_s) dan periode ulang (T)

S_1 = standar deviasi

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Penelitian ini menggunakan metode Kolmogorov-smirnov dan metode Chi-square untuk menguji kesesuaian (goodness of fit) dari distribusi frekuensi sampel data terhadap distribusi peluang yang diperkirakan (Wesli, 2008). Syarat pada metode kolmogorov-smirnov dan chi-square ialah jika $D < D_{cr}$ dan $\chi^2 < \chi_{cr}$, berarti frekuensi hasil observasi tidak menyimpang dari frekuensi harapan, sehingga hal ini menunjukkan kesesuaian yang baik dan distribusi frekuensi yang digunakan dapat diterima. Jika $D > D_{cr}$ dan $\chi^2 > \chi_{cr}$, berarti frekuensi

hasil observasi menyimpang dari frekuensi harapan, sehingga hal ini menunjukkan kesesuaian yang tidak baik dan distribusi frekuensi yang digunakan tidak dapat diterima.

Analisis Regresi Linier

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan linier antara debit air sebagai variabel bebas dengan curah hujan dan tinggi muka air sebagai variabel tidak bebas. Sehingga, pola hubungan kausal sebab akibat antara variabel bebas dan tidak bebas dapat diketahui (Harto, 2009). Penelitian ini menggunakan curah hujan (X_1) dan tinggi muka air (X_2) sebagai variabel tidak bebas dan debit air (\hat{Y}) sebagai variabel bebas.

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \epsilon$$

dimana :

- \hat{Y} = variabel tidak bebas yaitu debit air
- a = koefisien konstanta
- b_1 dan b_2 = koefisien regresi variabel tidak bebas
- X_1 = variabel independen pertama yaitu curah hujan
- X_2 = variabel independen kedua yaitu tinggi muka air
- ϵ = error

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi ini menggunakan data debit air dan curah hujan dari laporan BBWS Ciliwung – Cisadane 2013. Data debit air (Tabel 1) dan curah hujan (Tabel 2) yang digunakan ialah data 1994 – 2013. Kemudian, Data tersebut dianalisis dengan menggunakan distribusi log pearson tipe 3 untuk mendapatkan debit air dan curah hujan rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Hasil analisis frekuensi menunjukkan adanya peningkatan debit air dan curah hujan rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Debit air rencana dan curah hujan rencana (Q_T) pada setiap periode ulang (T) di dapat dari nilai Log. Q_T (Tabel 3). Peningkatan debit air rencana dimulai dari T = 2, dimana debit air rencana sebesar 8.2 m³/d dan terus mengalami peningkatan sampai pada saat T = 50, dimana debit air rencana menjadi 14.6 m³/d (Gambar 2).

Tabel 1 Data rata-rata debit air pertahun 1994 – 2013.

No.	Tahun	Rata-rata (m ³ /d)	No.	Tahun	Rata-rata (m ³ /d)
1	1994	8.1	11	2004	6.8
2	1995	9.7	12	2005	9.4
3	1996	6.3	13	2006	6.6
4	1997	4.8	14	2007	7.3
5	1998	7.2	15	2008	12.4
6	1999	6.5	16	2009	14.2
7	2000	5.9	17	2010	12.6
8	2001	8.6	18	2011	8.1
9	2002	8.2	19	2012	9.1
10	2003	6.6	20	2013	9.3

Sumber: laporan BBWS Ciliwung - Cisadane tahun 2013

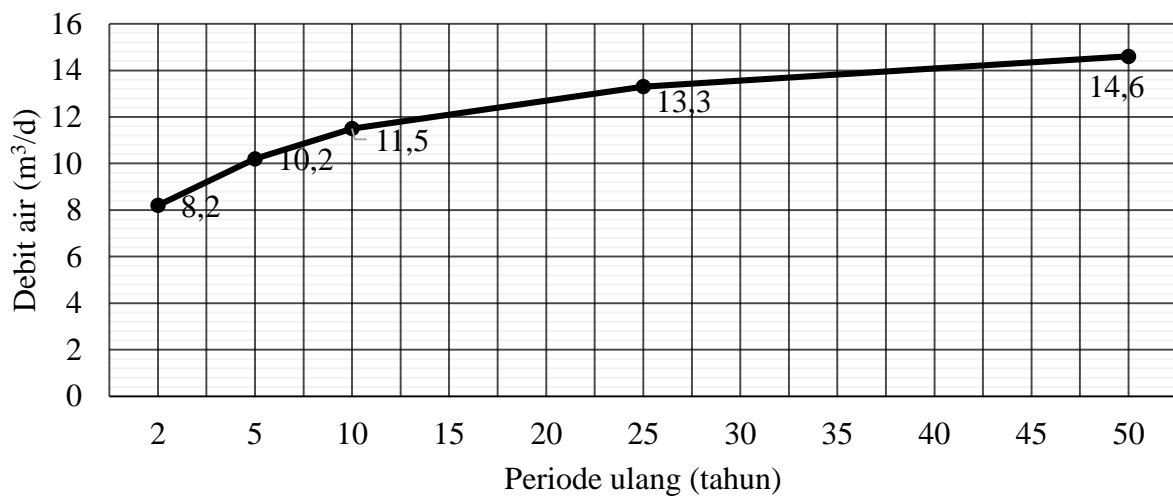
Tabel 2 Data jumlah curah hujan pertahun 1994 – 2013.

No.	Tahun	Jumlah (mm)	No.	Tahun	Jumlah (mm)
1	1994	2770	11	2004	2928
2	1995	3559	12	2005	3479
3	1996	3556	13	2006	2852
4	1997	2293	14	2007	3384
5	1997	4081	15	2008	3298
6	1999	3827	16	2009	3440
7	2000	3128	17	2010	3936
8	2001	3880	18	2011	3486
9	2002	2939	19	2012	3165
10	2003	2992	20	2013	3339

Sumber: laporan BBWS Ciliwung - Cisadane tahun 2013

Tabel 3 Hasil analisa frekuensi debit air dan curah hujan.

T	Debit air		Curah hujan	
	Log. Q_T	Q_T (m ³ /d)	Log. Q_T	Q_T (mm)
2	0.9118	8.2	3.515	3272
5	1.0082	10.2	3.520	3313
10	1.0615	11.5	3.536	3432
25	1.1228	13.3	3.554	3580
50	1.1632	14.6	3.560	3629

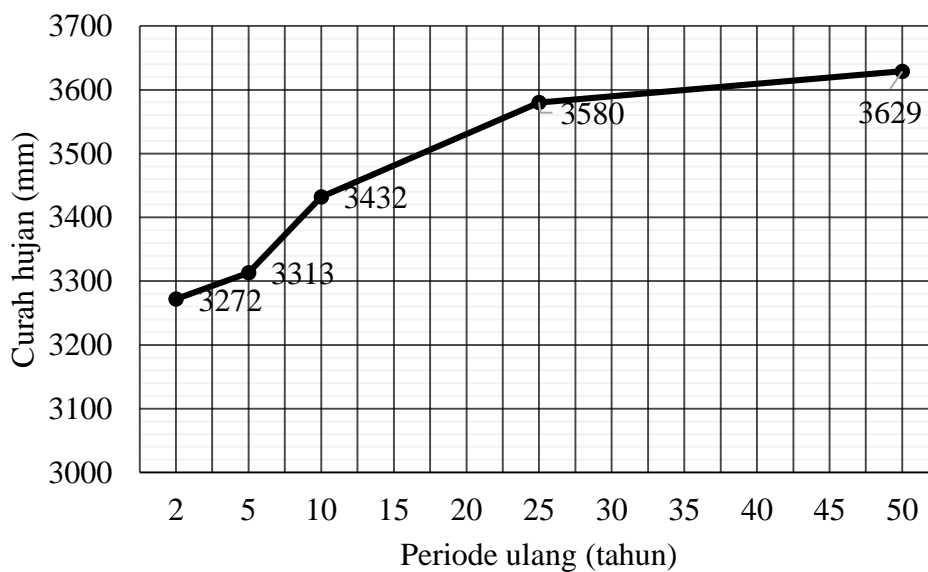


Gambar 2 Analisis frekuensi debit air rencana.

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa rata-rata peningkatan debit air rencana dari periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun ialah sebesar 1.6 m³/d. Peningkatan debit air rencana pada setiap periode ulang dapat menjadi peluang untuk pemanfaatan sumber daya air pada Sungai Ciliwung menjadi sumber air baku bagi masyarakat Kota Bogor. Hal yang sama juga terjadi terhadap analisis frekuensi curah hujan rencana, dimana curah hujan rencana mengalami peningkatan pada setiap periode ulang. Peningkatan curah hujan rencana di mulai dari T = 2, dimana curah hujan rencana sebesar 3272 mm dan tidak mengalami penurunan sampai pada saat T = 50, curah hujan rencana menjadi 3629 mm (Gambar 3). Dimana, rata-rata peningkatan curah hujan rencana dari periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun ialah sebesar 89.25 mm.

Peningkatan curah hujan di Kota Bogor dapat disebabkan oleh topografi Kota Bogor yang bervariasi yaitu diantara < 120 mdpl sampai > 400 mdpl. Bahkan daerah lain seperti Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung yang memiliki ketinggian > 300 mdpl juga diprediksi mengalami peningkatan curah hujan berbeda dengan Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung yang memiliki ketinggian < 150 mdpl justru mengalami penurunan

atau cenderung stabil (Manik *et al.*, 2014). Penelitian di Provinsi Bali menunjukkan bahwa terdapat koefisien regresi yang bernilai positif antara pengaruh kenaikan topografi terhadap peningkatan curah hujan (Marpaung, 2010). Topografi memiliki pengaruh 70% terhadap peningkatan curah hujan semakin tinggi topografi suatu wilayah, maka semakin tinggi juga curah hujan di daerah tersebut (Loo *et al.*, 2015). Sehingga, bisa dikatakan bahwa topografi memiliki efek terhadap peningkatan curah hujan (Suzuki *et al.*, 2004). Terdapat tiga proses bagaimana hubungan antara curah hujan dan topografi. Pertama ialah topografi yang mengakibatkan pembelokan awan dan membentuk masa lembap dalam arah vertikal, kedua ialah topografi dapat menentukan perubahan sistem tekanan rendah, dan ketiga ialah topografi dapat mengakibatkan terjadinya arus konveksi lokal (Juaeni *et al.*, 2006). Pada penelitian lainnya seperti di Kota Mataram dengan menggunakan metode distribusi log pearson tipe 3, curah hujan dan debit air mengalami peningkatan pada periode ulang 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 (Budianto *et al.*, 2015).



Gambar 3 Analisis frekuensi curah hujan rencana.

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Hasil uji kesesuaian (*goodness of fit*) analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan metode *Kolmogorov-smirnov* didapatkan $D_{hitung} = 0.0912 < D_{cr} = 0.29$, sementara untuk analisa frekuensi debit air $D_{hitung} = 0.1481 < D_{cr} = 0.29$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kesesuaian pada kedua analisa frekuensi tersebut baik dan dapat diterima, dimana frekuensi hasil observasi tidak menyimpang dengan frekuensi harapan dengan tingkat kepercayaan 95%. Pada metode *chi-square* nilai $\chi^2_{hitung} = 1.8680 < \chi^2_{cr} = 9.3905$ untuk analisa frekuensi curah hujan dan untuk analisa frekuensi debit air bahwa $\chi^2_{hitung} = 4.1753 < \chi^2_{cr} = 9.3905$. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi nilai observasi tidak menyimpang dari frekuensi harapan. Sehingga, kesesuaian pada kedua analisa frekuensi ini baik dan dapat diterima dengan tingkat kepercayaan 95%.

Analisis regresi linier

Data rata-rata tinggi muka air (Tabel 4) digunakan sebagai (X2) dalam analisis regresi linier. Data yang digunakan ialah data pada tahun yang sama dengan debit air dan curah hujan.

Tabel 4 Data rata-rata tinggi muka air tahun 1994 – 2013.

No.	Tahun	Rata-rata (cm)	No.	Tahun	Rata-rata (cm)
1	1994	57.62	11	2004	50.71
2	1995	65.66	12	2005	63.47
3	1996	44.49	13	2006	46.11
4	1997	41.17	14	2007	53.67
5	1998	50.00	15	2008	76.05
6	1999	46.00	16	2009	83.74
7	2000	42.03	17	2010	76.60
8	2001	58.38	18	2011	55.08
9	2002	56.17	19	2012	62.00
10	2003	49.40	20	2013	63.00

Sumber: laporan BBWS Ciliwung – Cisadane tahun 2013

Nilai R^2 yang diterapkan = 0.977 (97.7%) menunjukkan bahwa perubahan debit air pada Sungai Ciliwung dipengaruhi oleh perubahan tinggi muka air dan curah hujan (Gambar 4). Sementara, sisanya (100% - 97.7% = 2.3%) dipengaruhi oleh faktor lain. Estimasi standar kesalahan menentukan ketepatan dari model regresi dalam memprediksi variabel dependen. Nilai estimasi standar kesalahan pada model ini sebesar 0.36299, sehingga dapat dikatakan model regresi ini tepat untuk memprediksi debit air (Tabel 5).

Tabel 5 Ringkasan model^b.

Model	R	R^2	R^2 yang diterapkan	Estimasi standar kesalahan
1	0.990 ^a	0.980	0.977	0.36299

a. Prediktor: (Konstan), tinggi muka air, curah hujan

b. Variabel tidak bebas: debit air

Nilai F hitung = 410.509 dengan probabilitas 0.000, dimana $\rho = 0.000 < \alpha = 0.05$. Maka, curah hujan (X_1) dan tinggi muka air (X_2) terdapat pengaruh yang berarti terhadap debit air (\hat{Y}). Hal ini juga berarti nilai koefisien determinasi R^2 tidak sama dengan nol, atau signifikan (Tabel 6).

Tabel 6 ANOVA^b.

	Model	Jumlah kuadrat	df	Rata-rata kuadrat	F	Sig.
1	Regresi	108.177	2	54.088	410.509	0.000 ^a
	Sisa	2.240	17	.132		
	Total	110.416	19			

a. Prediktor : (Konstan), tinggi muka air, curah hujan

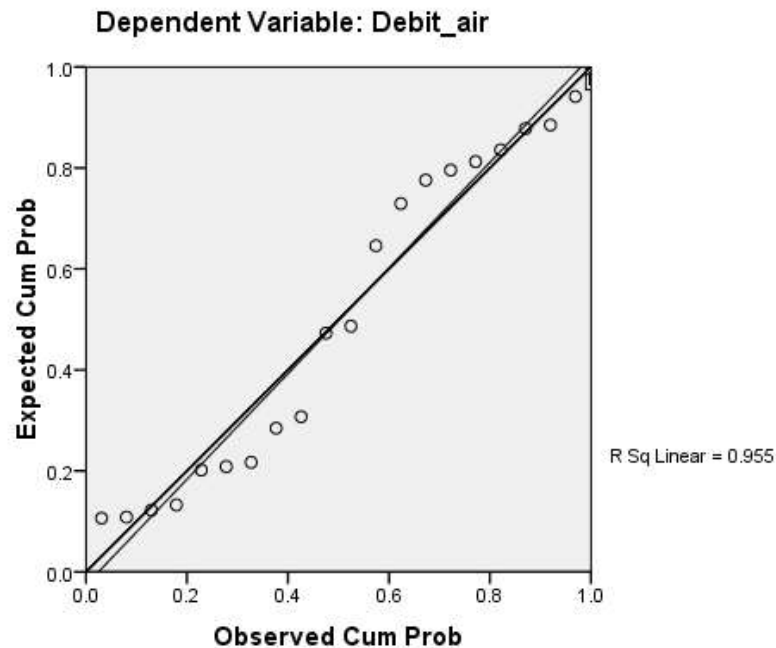
b. Variabel tidak bebas: debit air

Nilai koefisien B tidak standar merupakan persamaan model regresi, dimana model regresi yang dihasilkan ialah $\hat{Y} = -3.01 + 0.002 X_1 + 0.202 X_2$ (Tabel 7). Koefisien konstanta yang bernilai negatif menyatakan bahwa ketika mengasumsikan ketiadaan variabel curah hujan dan tinggi muka air. maka, debit air akan cenderung mengalami penurunan. Koefisien regresi curah hujan dan tinggi muka air bernilai positif hal ini menyatakan bahwa tidak dapat meniadakan variabel curah hujan. Jika, debit air mengalami perubahan sebesar satu satuan, maka curah hujan akan berubah sebesar 0.002 satuan pada arah yang sama dan tinggi muka air akan berubah sebesar 0.202 satuan pada arah yang sama.

Tabel 7 Koefisien^a.

Model	Koefisien tidak standar		Koefisien standar	t	Sig.
	B	Std. kesalahan	Beta		
1 (Konstan)	-3.010	.514		-5.857	.000
Curah hujan	.002	.002	-.009	-.256	.801
Tinggi muka air	.202	.007	.992	27.453	.000

a. Variabel tidak bebas: Debit air



Gambar 4 Kurva model regresi linier.

SIMPULAN

Curah hujan mengalami peningkatan pada setiap periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 tahun dengan rata-rata peningkatan sebesar 89.25 mm. Begitu juga dengan debit air yang mengalami peningkatan, dimana rata-rata peningkatan sebesar 1.6 m³/s. Hal ini membuktikan bahwa Sungai Ciliwung dapat dijadikan salah satu sumber air baku. Hasil regresi linier menyatakan bahwa tinggi muka air dan curah hujan mempengaruhi besarnya debit air pada Sungai Ciliwung. Namun, terdapat faktor lain sebesar 2.3% yang mempengaruhi debit air Sungai Ciliwung.

DAFTAR PUSTAKA

- [Bappeda] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor. 2011. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor Tahun 2011-2031*. Bogor (ID): Bappeda Kota Bogor.
- [Bappenas] Badan Perencanaan Nasional. 2013. *Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milinium Di Indonesia 2011*. Jakarta. [terhubung berkala]. <http://bappenas.go.id> [19 mei 2017].
- [BPLHD] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup DKI Jakarta. 2014. *Laporan Pelaksanaan Kualitas Sungai. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*. Jakarta.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kota Bogor. 2015. *Kota Bogor dalam Angka*. Bogor.
- [PDAM] Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Pakuan Kota Bogor. 2011. *Review Rencana Induk SPAM PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor*. Bogor (ID): PDAM Tirta Pakuan.

- Budianto MB, Yasa IW, Hanifah L. 2015. Analisis karakteristik curah hujan untuk pendugaan debit puncak dengan metode rasional di Mataram. *Spektrum Sipil*. 2(2): 137 – 144.
- Harto S. 2009. *Hidrologi*. Yogyakarta(ID): Nafiri Offset..
- Herrera M, Torgo L, Izquierdo J, Pe rez-Garcia R. 2010. Predictive models for forecasting hourly urban water demand. *J. Hydrol*. 387: 141-150.
- Juaeni *et al.* 2006, Periode Curah Hujan Dominan dan Hubungannya dengan Topografi. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca, UPT Hujan Buatan BPPT*. 7(2).
- Jun W, Zhongmin L, Yiming L, Dong W. 2015. Modified weighted function method with the incorporation of historical floods into systematic sample for parameter estimation of pearson type three distribution. *Hydrology J*. 527: 958-966.
- Loo YY, Billa L, Singh A. 2015. Effect of climate change on seasonal monsoon in asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in southeast asia. *Geoscience Frontiers J*. 6: 817-823.
- Manik TK, Rosadis B, Nurhayati E. 2014. Mengkaji Dampak Perubahan Iklim Terhadap Distribusi Curah Hujan Lo/kal di Propinsi Lampung. *Forum Geografi*. 28(1): 73-86.
- Marpaung S. 2010. Pengaruh Topografi terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Provinsi Bali berdasarkan data observasi resolusi tinggi. Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa 2010. Serpong
- Muchtar, Asikin, Abdullah N. 2007. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 2(1).
- Mudiyarso D dan Kurnianto S. 2007. Peranan vegetasi dalam mengatur pasokan air. Makalah Workshop "Peran Hutan dan Kehutanan dalam Meningkatkan Daya Dukung DAS", di Surakarta, 22 November 2007. Balai Penelitian Kehutanan Solo.
- Muliranti S, Hadi, PM. 2013. Kajian ketersediaan air meteorologis untuk pemenuhan kebutuhan air domestik di Provinsi Jawa Tengah dan DIY. *J. Bumi Indonesia*. 2: 23-32.
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2006. *Sidik cepat degradasi sub DAS*. Bogor(ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam.
- Rachmawati A. 2010. Aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk evaluasi sistem jaringan drainase di Sub DAS Lowokwaru Kota Malang. *J. Rekayasa Sipil*. 4: 111 – 123.
- Sutrisno AJ, Kaswanto RL, Arifi HS. 2018. Spatial and temporal distribution of nitrate concentration in Ciliwung River, Bogor City. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 179(2018).
- Suzuki *et al.* 2004. Study On Rainfall-Topography Relationships in Japan with Regard to the Spatial Scale of Mountain Slopes . *Sixth International Symposium On Hydrological Applications Of Weather Radar, Melbourne, Australia*.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.